

TRICICLO ELÉTRICO PARA ESTIMULAR O APRENDIZADO EM ENGENHARIA

Marcele Carvalho Martins – martinsmarcelle1@gmail.com

Alberto Rebouças – albertoreb@gmail.com

Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista

Av. Sérgio Vieira de Mello, 3150 - Zabelê

45078-900 – Vitória da Conquista – Bahia

Resumo: Tendo em vista que os cursos de engenharia elétrica possuem em seus dois primeiros anos um estudo mais voltado ao conhecimento básico, geralmente teórico, até chegar às disciplinas técnicas, apenas no terceiro ano, é comum a dificuldade de aprendizagem. Nesse sentido, atividades experimentais demonstram elevado potencial no estímulo e motivação do aluno a dar continuidade à graduação. Principalmente, se essa prática for gerida pelos alunos. Desse modo, enaltecendo as atividades práticas de eletrônica analógica, os autores têm como objetivo divulgar o efeito positivo da execução do triciclo elétrico no meio acadêmico ao qual pertencem. O triciclo elétrico idealizado, sem diferencial, movido a tração na roda que pode ser dianteira ou traseira é acionado por um motor DC e controlado por PWM, usando amplificadores operacionais. A metodologia utilizada possibilita que objetivo principal seja alcançado facilmente e promova o desenvolvimento de habilidades técnicas e o empreendedorismo, visto que o triciclo pode ser utilizado para brinquedo, transporte, mobilidade para pessoas com necessidades especiais, etc. Acrescentando que o veículo elétrico tem um apelo ecológico.

Palavras-chave: Triciclo Elétrico. Aprendizado. Aluno. Engenharia.

1. INTRODUÇÃO

As atuais diretrizes curriculares dos cursos de Engenharia solicitam a integração entre os eixos de ensino, pesquisa e extensão. No entanto, tradicionalmente percebe-se que os cursos de Engenharia ainda continuam focados em um modelo de ensino baseado na transmissão de conhecimentos pelo professor, sendo o estudante um agente passivo no processo de aprendizagem (COBENGE, 2018). Nesse sentido, no decorrer do curso, os alunos se deparam com dificuldades comuns, como por exemplo, falta de estímulo ao conhecimento e dificuldades no aprendizado. Diante desta temática, será discutida a importância de atividades experimentais, explorando a aplicação de circuitos básicos de eletrônica que possibilitam a confecção de um triciclo elétrico.

A formação do estudante somente pela transmissão do professor para o aluno pouco contribui para a formação profissional e cidadã (COBENGE, 2018). A partir de tal afirmação, é válido ressaltar que o engenheiro do século XXI deve estar apto não apenas a aprender e dominar rapidamente novas tecnologias como também deve ser capaz de criá-las (GOUVÊA; CASELLA; JORGE, 2004). É consenso que a habilidade de criar novas tecnologias, seja desenvolvida ainda na graduação, pois para Salvaro, Quadros e Estevam (2016) a formação profissional envolve a transmissão do saber cotidiano e não apenas o saber teórico.

Segundo Séré, Coelho e Nunes (2003), atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, e dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. A partir dessa afirmação, cabe ressaltar que os experimentos possuem papel de destaque frente aos estudantes em função da motivação que eles trazem ao processo de ensino e aprendizagem. Interligando teoria e prática, valoriza a competência na formação profissional. Porém, devido ao cronograma curto, conteúdos extensos, falta de equipamentos adequados em laboratórios ou até mesmo falta de incentivo por parte dos professores, aulas práticas muitas vezes são comprometidas e afetam a inserção profissional e formação qualificada na preparação para o mercado de trabalho.

Priorizando o conhecimento prático, o presente artigo, tem como objetivo estimular o conhecimento em engenharia e áreas afins da eletrônica por meio da idealização do projeto de um triciclo elétrico, para ser usado pelos alunos de forma segura e estável sem precisar de diferencial nas rodas, com acionamento e controle de velocidade através da utilização da técnica de modulação em largura de pulso (PWM). Assim, a metodologia utilizada caracteriza o processo como sendo dinâmico, participativo, de fácil execução, que promove o empreendedorismo, mobilidade e lazer.

2. METODOLOGIA

A realização de atividades experimentais, seja dentro de um laboratório didático ou não, é uma experiência enriquecedora, que desperta a criatividade, desenvolvimento de habilidades técnicas e a formação de um olhar mais crítico sobre as respostas obtidas.

2.1. O Triciclo

Com o intuito de despertar o interesse do aluno e realizar um projeto de fácil execução e viável financeiramente, é proposto o desenvolvimento de um triciclo elétrico. Recomenda-se que o veículo seja movido por tração em uma só roda, por simplicidade. Podendo ser traseira ou dianteira, onde é possível o acoplamento de um motor CC diretamente a esta roda, deixando as outras duas rodas livres. É possível ainda utilizar a tração no eixo das duas rodas. No entanto, esta última configuração possui custo mais elevado por necessitar de um diferencial. A opção do acoplamento direto do motor no eixo das duas rodas não permitirá a compensação de diferença de perímetro nas curvas. Diante dessas opções, o aluno deverá escolher a configuração de acordo as suas necessidades e custo/benefício.

A seguir, na “Figura 1”, são representados alguns modelos de triciclos, onde é possível observar diferenças estruturais de tração e direção.

Figura1 – (a) Triciclo com tração e direção dianteira e roda dupla traseira; (b) Triciclo com roda dupla na direção dianteira e tração traseira.



Fonte: Mercado livre (2019).

Os vários modelos de triciclos podem ser adaptados visando atender as necessidades individuais de cada construtor.

2.2. Circuito Eletro-eletrônico

A parte elétrica deve ser desenvolvida durante o estudo da disciplina de eletrônica analógica e é representado a seguir o procedimento testado pelos autores. Para o acionamento e controle de velocidade do triciclo são utilizados circuitos conhecidos na eletrônica tais como oscilador de relaxação, circuito integrador, comparador e uma meia ponte H, onde deve ser estabelecida a frequência adequada de operação do circuito.

Optou-se por um motor CC pelo fato de a velocidade variar linearmente com a tensão média gerada no circuito PWM e pela facilidade de acionamento com um único dispositivo, TBJ, MOSFET ou IGBT. A técnica PWM consiste basicamente na comparação de dois sinais de tensão sendo um de tensão contínua, controlada por um potenciômetro no acelerador do triciclo e outro sinal de onda quadrada proveniente do oscilador de relaxação, que se torna triangular ao passar pelo circuito integrador que está em série. Desta forma, é gerado um sinal com largura de pulso ajustável e frequência fixa. (MEZAROBÁ, 2008).

O circuito oscilador de relaxação é responsável por gerar uma onda quadrada "Figura 2". A seguir é representada a "Equação (1)" e "Equação (2)" referentes ao cálculo da frequência de oscilação.

$$f_{osc} = \frac{1}{2 \cdot R_f \cdot C \cdot \ln \frac{1+B}{1-B}} \quad (1)$$

$$B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Leia-se:

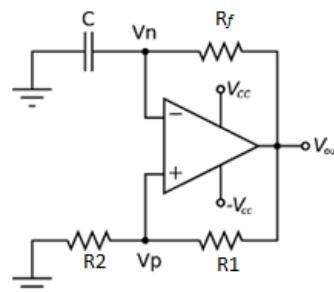
f_{osc} é a frequência de oscilação em Hertz (Hz).

R_f , R_1 e R_2 , resistência em ohm (Ω).

C a capacitância em Faraday (F).

B é uma constante calculada através das relações de resistência para obter o valor da frequência de oscilação e tensão de referência. Lembrando que tal constante possui valores entre zero e um.

Figura 2- Circuito oscilador de relaxação



Fonte: Pertence (2007, p. 120).

Onde:

V_n é a tensão na entrada inversora em volts (V).

V_p é a tensão na entrada não inversora em volts (V).
 $\pm V_{cc}$ é a tensão de alimentação em volts (V).
 V_{out} , tensão de saída em volts (V).

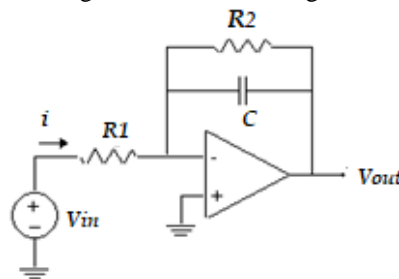
O circuito integrador tem como função transformar a onda quadrada de saída do oscilador de relaxação em uma onda triangular. No entanto, deve-se atentar para o fato do integrador ser um circuito que necessita de atenção em seus parâmetros, visto que a sua frequência de corte deve ser muito menor que a frequência de oscilação de sua entrada, em no mínimo dez vezes (PERTENCE JUNIOR, 2007). A seguir, é representada a “Equação (3)” referente ao cálculo da frequência de corte e na sequência a “Figura 3” representa o circuito integrador.

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} \quad (3)$$

Vê-se:

f_c é a frequência de corte do integrador.

Figura 3 - Circuito Integrador



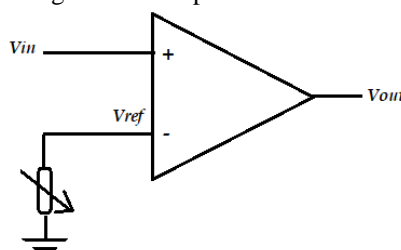
Fonte: Pertence (2007, p. 82).

Considera-se:

V_{in} a tensão de entrada em volts (V).

O circuito comparador tem como objetivo comparar a tensão triangular de saída do integrador com uma tensão DC variável fornecida pelo potenciômetro. A saída do comparador terá um sinal de largura variável (PWM), responsável por alterar também a tensão média na saída. Sabendo que a velocidade do motor DC é proporcional à tensão média aplicada, à medida que varia o potenciômetro, varia também a velocidade do motor. Preferencialmente, o potenciômetro deve estar conectado à manopla no guidão do triciclo. A seguir, a “Figura 4” e “Figura 5” demonstram o funcionamento do comparador.

Figura 4 - Comparador de tensão

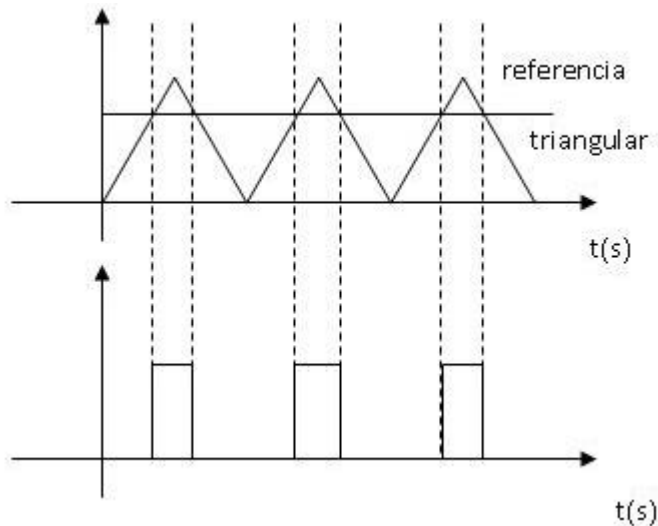


Fonte: Autoria própria (2019).

Onde,

V_{ref} é a tensão de referência em volts (V).

Figura 5 – Sinal quadrado modulado na saída do comparador

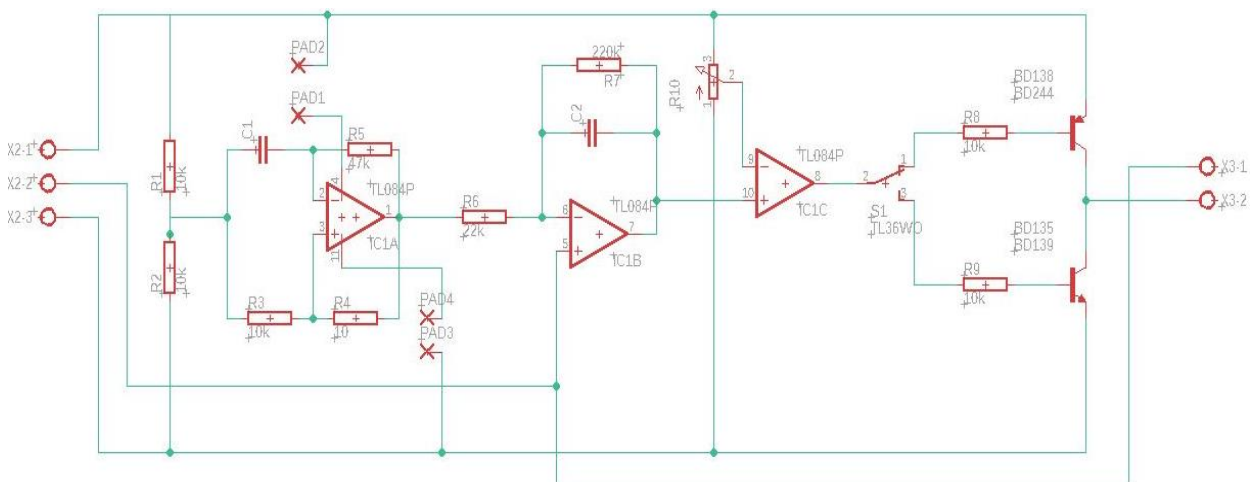


Fonte: Rossi (2011).

Por fim, para o acionamento do motor foi utilizada uma chave para seleccionar o sentido de rotação do seu eixo podendo ser horário ou anti-horário. Conectada a esta, tem-se uma meia ponte H, que aproveitando da polarização dos transistores possibilita ao veículo dar marcha ré conforme ilustrado na “Figura 6”.

A elaboração da placa do circuito foi feita no programa EAGLE 8.1, podendo ser feita em outros softwares. A seguir, a “Figura 6” representa o esquemático utilizado na confecção da placa de circuito impresso vista na “Figura 7”.

Figura 6 - Circuito projetado no EAGLE 8.1



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 7 – Placa confeccionada



Fonte: Autoria própria (2019).

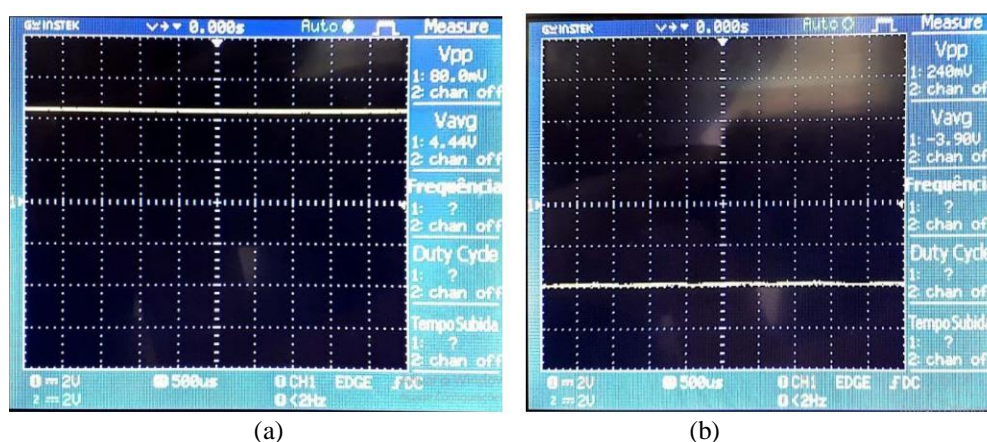
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores encontrados para a frequência do oscilador de relaxação foi $f_{osc}=968,34Hz$ e para frequência de corte do integrador $f_c=72,34Hz$. É assegurado o parâmetro fundamental para que haja a integração do sinal, pois a frequência proveniente do oscilador deve ser maior que a do integrador cerca de dez vezes ou mais ($968,34Hz > 72,34Hz$), do contrário, funciona como um amplificador inversor.

Para o experimento foi utilizada uma fonte simétrica de 5V, mas foi testado também para 12V e obteve desempenho semelhante, o que permite ser utilizado no triciclo duas baterias de 12V e possibilita o uso de motores DCs automotivos.

A seguir, são apresentadas as imagens obtidas no experimento.

Figura 8 – (a) Sinal do PWM quando a tensão e velocidade do motor estão próximas ao máximo no sentido horário; (b) Sinal do PWM quando a tensão e velocidade do motor estão próximas ao máximo no sentido anti-horário.

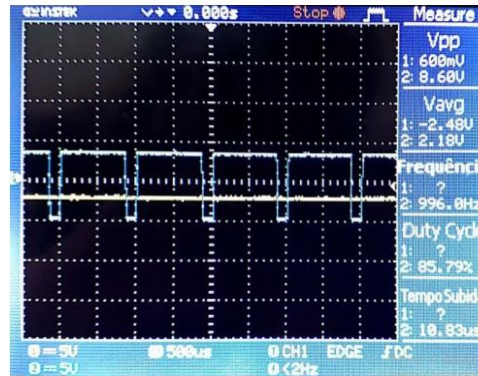


Fonte: Autoria própria (2019).

Quando a tensão estiver em seu máximo positivo (+Vavg = 4,44 V) “Figura 8 (a)” e máximo negativo “Figura 8 (b)” (-Vavg = - 3,90V) o duty cycle estará em 100%. Onde a potência total fornecida também será 100%, o que implica dizer que a velocidade de rotação do

motor será máxima, por serem diretamente proporcionais. Por ser uma fonte simétrica, quando o circuito é alimentado, a amplitude varia em torno de $+V_{cc}$ e $-V_{cc}$.

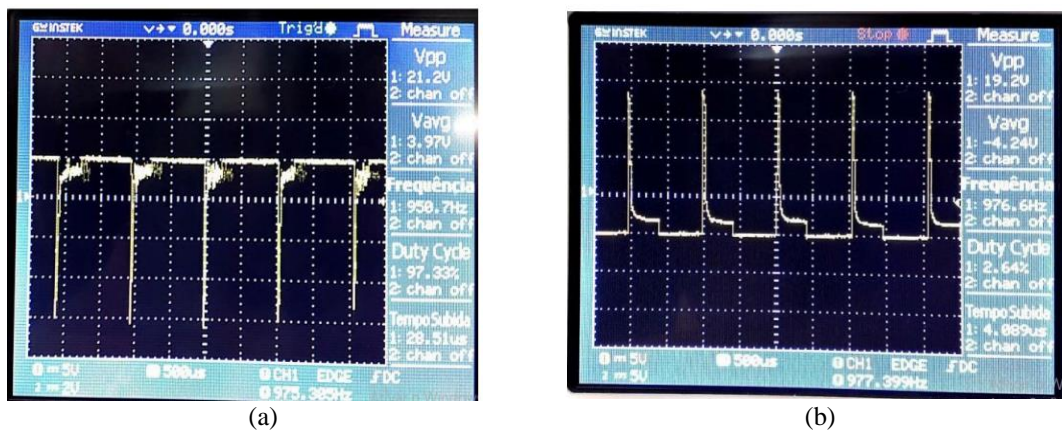
Figura 9 - Sinal do comparador versus potenciômetro



Fonte: Autoria própria (2019).

Na “Figura 9” é feita a comparação entre o valor médio do sinal na saída PWM do comparador (V_{avg} , do canal 2 do osciloscópio) $V_2 = 2,18 \text{ V}$ e no terminal central do potenciômetro $V_1 = 2,48 \text{ V}$. Demonstrando semelhança entre os valores obtidos em decorrência da linearidade entre a tensão DC e PWM. Na “Figura 10”, é apresentado o mesmo sinal, porém nos terminais do motor.

Figura 10 – (a) Sinal PWM nos terminais do motor apresentando ruídos quando alimentado com $+V_{cc}$; (b) Sinal PWM nos terminais do motor apresentando ruídos quando alimentado por $-V_{cc}$.



Fonte: Autoria própria (2019).

Na “Figura 10 (a)” o circuito é alimentado por $+V_{cc}$ e polarizado pelo transistor pnp situado na parte superior da meia ponte H, determinando o sentido de rotação horário. Na “Figura 10 (b)” o circuito é alimentado por $-V_{cc}$ e polarizado pelo transistor npn situado na parte inferior da meia ponte H, responsável pela rotação do motor na direção oposta.

Os picos observados nestas figuras são gerados nos terminais do motor pela ausência de diodos de circulação de resposta rápida, do tipo Schottky. O que não impede o funcionamento do circuito, mas dá ao aluno, a noção da importância de tais diodos de forma marcante.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Particularmente, seriam necessários diodos de circulação rápida, em paralelo com os transistores, ou então, o uso de MOSFETs, que já possuem diodos adequados de circulação em paralelo para evitar ruídos e aumentar a eficiência do acionamento. Lembrando que a ponte H completa evita a necessidade de fonte simétrica, o que é conveniente para o veículo ser acionado por uma única bateria. Outro detalhe relevante para o aluno memorizar a aplicabilidade da ponte H. A ponte H é acionada em PWM por um circuito analógico, mas o triciclo montado poderá depois ser controlado facilmente por um microcontrolador, servindo de estímulo para as disciplinas de controle, automação e microcontrolares.

O êxito do funcionamento desta montagem estimula o aprendizado de eletrônica analógica e ultrapassa as fronteiras da ementa, o que caracteriza sua interdisciplinaridade. O desenvolvimento do triciclo pode ser feito de forma fácil, acessível e segura o suficiente para não oferecer riscos ao aluno. É indicado o triciclo devido a sua simplicidade, por dispensar o uso de diferencial, mantendo uma estabilidade razoável, diferente de uma bicicleta, por exemplo.

Ao ingressar no desenvolvimento deste projeto, o estudante é inserido em um ambiente de desafio, onde é estimulado a usar a criatividade, o conhecimento e a desenvolver habilidades técnicas, sempre movido pela observação dos fenômenos.

É importante destacar que os alunos envolvidos neste projeto, no IFBA, se sentiram muito motivados pela ideia e por isso sugerem a outros, apesar de não ter sido concluído o triciclo ainda.

Agradecimentos

Deixamos os nossos sinceros agradecimentos ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Bahia, pela oportunidade e conhecimento adquirido no decorrer do curso de Engenharia Elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COBENGE. **A importância da estruturação de projetos e núcleos estudantis para a formação do Engenheiro.** 2018. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/2018/arquivos/SD03prop05.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2019.

GOUVÊA, Míriam Tvrzská de; CASELLA, Esleide Lopes; JORGE, Regina Maria Matos. **A IMPORTÂNCIA DA REALIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS NA FORMAÇÃO DE UM ENGENHEIRO AUTÔNOMO.** 2004. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/15/artigos/01_409.pdf>. Acesso em: 07 maio 2019.

MEZARROBA, Marcello. **MODULAÇÃO PWM.** 2008. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/mezarroba/materiais/Modulacao_PWM.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2019.

PERTENCE JUNIOR, Antônio. Diferenciadores, integradores e controladores: o integrador. In: PERTENCE JUNIOR, Antônio. **ELETRONICA ANALOGICA: AMPLIFICADORES OPERACIONAIS E FILTROS ATIVOS.** 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. Cap. 4, p. 82.

ROSSI, Cristiano. **INVERSOR DE FREQUÊNCIA MODULAÇÃO SENOIDAL PWM UNIPOLAR**. 2011. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011. Cap. 2. Disponível em: <http://www.uel.br/ctu/deel/TCC/TCC2011_CristianoRossi.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2019.

SALVARO, Giovana Ilka Jacinto; QUADROS, Samantha Maciel de; ESTEVAM, Dimas de Oliveira. Projetos Profissionais de estudantes de um curso técnico em agropecuária. *Psicologia & Sociedade*, v.28, n.2, p. 309-319, 2016.

SERÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, Antônio Dias. O Papel da Experimentação no Ensino de Física. In: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Florianópolis/BRA. v. 20, n.1, p.31-42, 2003.

ELETRIC TRICYCLE TO SIMULATE ENGINEERING LEARNING

Abstract: *Considering that electrical engineering courses in their first two years have a more basic knowledge study, usually theoretical, until reaching the technical subjects, only in the third year, learning difficulties are common. In this sense, experimental activities demonstrate a high potential in the student's motivation and motivation to continue graduation. Especially if this practice is managed by students. Thus, highlighting the practical activities of analog electronics, the authors aim to disclose the positive effect of electric tricycle execution in the academic environment to which they belong. The idealized, unlevered, traction-driven electric tricycle on the front or rear wheel is driven by a DC motor and controlled by PWM using operational amplifiers. The methodology used enables the main objective to be easily achieved and to promote the development of technical skills and entrepreneurship, since the tricycle can be used for toy, transportation, mobility for people with special needs, etc. Adding that the electric vehicle has an ecological appeal.*

Key-word: *Electric Tricycle. Learning. Students. Engineering.*